ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202210.00114v1

中国五岁以下儿童超重的时空演变模式高精度识别与预测——基于区域发展的多维协同治理策略

张曦宇[1]，李叶[1*]，吴群红[2]，李继达[2]，胡钰[2]

基金项目：国家自然科学基金项目“后减贫时代医保减贫效应测度研究：时空分异格局、脆弱性识别与协同治理”（项目编号：72174047）；国家自然科学基金项目“”（项目编号：71874045）；黑龙江省自然科学基金项目“基于空间减贫视域的黑龙江省健康贫困全景追踪与脆弱靶点研究”（LH2021G015）

1. 150081 黑龙江省哈尔滨市，哈尔滨医科大学卫生管理学院卫生政策与医院管理研究中心

2. 150081 黑龙江省哈尔滨市，哈尔滨医科大学卫生管理学院社会医学教研室

*通讯作者：李叶，教授，博士生导师；E-mail：liye8459@163.com

【摘要】　背景　低龄儿童超重问题的现象化一定程度降低了未来人口素质，为中国人力健康资本存量的可持续发展带来巨大风险。**目的**　科学认识中国五岁以下儿童超重率的时空演变模式与未来趋势，为控制儿童超重现象发展、提高地区政府治理效能实施精准干预措施。**方法**　论文基于中国 2000-2019 年五岁以下儿童超重率高精度 5km*5km 格网数据，分别使用泰尔森中值、Mann-Kendall 检验与 Hurst 指数，逐像元对中国五岁以下儿童超重率的时空演变模式与发展趋势进行刻画。**结果**　60.59%的地区五岁以下儿童超重率显著增长，中部与东部增长趋势的占比远高于西部地区；25.33%的地区展示出无显著变化的超重率演变趋势，但从空间分布上却以斑块状散布在各省的部分地区，如长江中游城市群等区域；14.08%的地区呈现出显著降低的演变趋势，集中于中国西部的新疆、青海、四川、云南等的部分地区以及位于中国东部的天津、山东的局部区域。除此之外，根据 Hurst 指数，84.87%的研究区域都呈现出持久性或趋势增强的模式。**结论**　本研究发现中国五岁以下儿童超重率空间分异特征明显，且与地区发展整体上存在着协同的“U”型关联，串联起了“发育迟缓超重下降期”-“超重现象平稳期”-“营养过剩超重上升期”的多发展阶段超重问题组。针对低龄儿童超重这一多维因素耦合衍生的社会问题，研究结果为政府制定区域特异政策、构建“政府政策调控-社会理念渗透-家庭健康管理”三级联动的治理网络、科学精准解决儿童超重问题提供了科学支撑与政策参考。

【关键词】　五岁以下儿童；超重；时空演变模式；趋势分析；健康地理；中国

【中图分类号】

High-precision identification and prediction of spatio-temporal evolutionary patterns of children under-5's overweight in China--Multidimensional synergistic governance strategies based on regional development

Xiyu ZHANG[1], Ye LI[1,], Qunhong WU[2], Jida LI[2], Yu HU[2]*

1. Research Centre for Health Policy and Hospital Management, School of Health Management,

ChinaXiv合作期刊

Harbin Medical University, Harbin, 150081,China

2. Department of Social Medicine, School of Health Management, Harbin Medical University, Harbin, 150081,China

**Corresponding authors: Ye Li, Professor;Doctoral supervisor; Email:liye8459@163.com*

【Abstract】 **Background** The low-age childhood overweight reduces the future population quality to a certain extent, posing a great risk to the sustainable development of China's human health stock. **Objective** To scientifically understand the spatio-temporal evolution patterns and future trends of children under-5's overweight rates in China, implement precise interventions to control their development and improve the effectiveness of regional governance. **Methods** The paper portrayed the spatio-temporal evolution patterns and development trends of children under-5's overweight rates based on high-precision 5km*5km grid data in China from 2000-2019, using the Theil-Sen Median, Mann-Kendall test and Hurst index, respectively, image-by-image. **Results** 60.59% of the region showed a significant increase in the overweight rate of children under-5, and the ratio of the region with increasing trends was much higher in the central and eastern China than in the western China. 25.33% of the region showed no significant change in the overweight rate of children under-5, but was spatially scattered in patches in parts of provinces, such as the middle reaches of the Yangtze River urban agglomeration. 14.08% of the region showed a significantly decrease and concentrated in parts of Xinjiang, Qinghai, Sichuan and Yunnan in the western China and partial regions in Tianjin and Shandong located in eastern China. In addition, 84.8% of the study area showed a mode with persistence or strengthened trends according to the results of Hurst index.**Conclusion** In this study, we found that the spatial differentiation of children under-5's overweight rates is obvious and there is a synergistic "U"-shaped association with regional development as a whole, linking the problem group of overweight in multiple developmental stages, including "declining stage of stunting" - "stabilization stage" - "rising stage of overweight with overnutrition". Focusing on overweight of low-age children, a social problem derived from the coupling of multidimensional factors, this study provide scientific support and policy reference for the government to formulate region-specific policies, build a three-level governance network of "government policy regulation - social concept penetration - family health management", and scientifically and precisely solve the overweight in children under-5.

【Key words】 children under-5; overweight; spatio-temporal evolution patterns; trend analysis; health geography; China

chinaXiv:202210.00114v1

chinaXiv:202210.00114v1

前言

发育迟缓、消瘦、超重和体重不足常常被用来衡量个体营养摄取的程度与模式。然而，2020 年大约一半的全球国家尚未在儿童超重改善上取得任何进展，甚至仍正在恶化[1]。对于低龄儿童超重问题的预先关注可能是缓解未来儿童超重现象的有效途径。各国学者先后开展了儿童超重率调查[2–5]并发现一名 4.5 岁的肥胖超重儿童有 5 倍概率在他 12 岁时发展为肥胖[6]，饮食与身体活动等可改变的超重影响因素有望在早期阶段得到极大程度的改善[7–9]。作为儿童养成良好膳食行为模式、保持健康成长轨迹的重大时间点，五岁以下儿童可被视作慢性病预防背景下的重大战略人群[10–14]。目前，伊朗、巴西、印度、埃塞俄比亚与中国等国家已先后开展了针对五岁以下儿童超重率的全国与地区调查并对其决定因素进行探究[15–26]。除此之外，部分学者还开展了针对特定地区五岁以下儿童超重率的趋势研究[1,27–29]，尽管相当一部分是基于先前文献形成的综述研究，但也有一些学者基于长时间追踪序列开展了趋势分析。其中，一项秘鲁的十五年实证研究更是发现城市五岁以下儿童超重率经历了长期的下降并在 2005 年逐渐达到稳定[30]。

中国五岁以下儿童超重问题相当严重，其患儿数已达到 696.4 万，位列世界第一，列居第二的印度尼西亚甚至不足中国的一半。除此之外，2012 年中国占据了全球总超重五岁以下儿童数量的 16.8%，而 2020 年却再次刷新到 17.9%[1]。因此，有必要在中国开展针对五岁以下儿童超重问题发展趋势的分析，进一步为缓解我国低龄儿童超重负担提供理论指导。目前，一些学者[31–36]已经对我国 1989 年-2014 年间五岁以下儿童超重率发展趋势进行了探索，部分文献还在此基础上进一步提出了发展趋势下鲜明的空间分异特征[21,37]。然而，从目前已发表研究来看，目前对中国儿童超重问题的时空诊断存在时序更新不及时、空间低精度、对低龄儿童关注不足等局限性。本研究基于此采用华盛顿大学卫生计量与评估研究所(Institute for Health Metrics and Evaluation, IHME)的五岁以下儿童超重率高精度格网数据，逐像元（栅格最小单元）对中国 2000 年至 2019 年其时空演变模式进行刻画,基于演变特征捕捉实现对未来变化方向的预测，为地方政府科学治理儿童超重问题提供预警与循证依据，对控制中国五岁以下儿童超重现象、降低未来国民疾病负担、提高地区政府治理效能实施精准干预措施，具有重要的应用价值与战略意义。

1　材料与方法

1.1　数据来源

五岁以下儿童超重率是身高别体重比世卫组织生长参考标准高出两个标准差的五岁以下儿童比例。中国五岁以下儿童超重率来自华盛顿大学卫生计量与评估研究所的全球 105 个中低收入国家 5km*5km 格网估计数据集[38]。该数据集的地理估计基于样本国家的 420 项家户调查，其中中国格网数据估计是基于中国人口与发展研究中心的中国家庭动态调查 2016（China Family Dynamics Survey 2016）、北卡罗来纳大学教堂山分校卡罗来纳州人口中心与美国国家营养与健康研究所的中国健康与营养调查 1989-2011（China Health and Nutrition Survey 1989-2011）、厦门市 5 岁以下儿童生长和营养状况的长期趋势调查（Secular Trends in Growth and Nutritional Outcomes of Children under Five Years Old in Xiamen）与中国卫生部卫生统计信息中心的中国居民 2002 年营养与健康状况调查（China National Nutrition Survey 2002）四项调查进行的，其结果基本覆盖了中国大陆各个省份（由于原始数据的限制，港澳台地区数据缺失）。关于该数据集时空估计过程与更多细节，先前的文献已有详细描述[39]，故在此不再赘述。

1.2　统计方法

1.2.1　多年栅格均值

使用 ArcGIS 10.4 对多年栅格数据逐像元计算同像元多年均值，计算公式如下：

$$\overline{X_n} = \frac{\sum_{i=2000}^{2019} x_i}{20}$$

式中，x_i是同一像元五岁以下五岁以下儿童超重率的时序数据。

1.2.2 Theil-Sen Median

应用泰尔森中值方法计算中国五岁以下儿童超重流行率网格的变化趋势。该方法作为稳健非参数统计方法，计算效率高，且对于离群数据与测量误差不敏感，过去常被应用于天文水象等长期时序数据的趋势分析研究中。本研究应用该方法估计过去 20 年中国五岁以下儿童超重率总体变化趋势，估计的数据单位是每幅栅格中的最小单元，像元。泰尔森中值为正时，一般认为五岁以下儿童超重率呈上升趋势；反之，则认为其呈下降趋势。泰尔森中值β的计算过程如下式所示：

$$\beta = median\left(\frac{x_j - x_i}{j - i}\right), \forall j > i$$

式中，x_j和x_i是同一像元五岁以下五岁以下儿童超重率的时序数据。

1.2.3 Mann-Kendall

Mann-Kendall 检验作为重要的非参数检验，不要求样本的分布且受到异常值的干扰较小，常用作泰尔森中值的检验方法。本研究中使用 Mann-Kendall 检验作为判断前一步趋势估计结果显著性的重要技术路径，并基于此对不同程度的上升与下降趋势进行二次分类。Mann-Kendall 检验统计量S计算式如下：

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} sgn(x_j - x_i)$$

$$sgn(x) = \begin{cases} 1 \;\; if \;\; x > 0 \\ 0 \;\; if \;\; x = 0 \\ -1 \;\; if \;\; x < 0 \end{cases}$$

S的期望值应为零，且方差为：

$$\sigma^2 = \left\{ n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^{p} t_j(t_j - 1)(2t_j + 5) \right\} / 18$$

式中，p是数据集中的并列组数，t_j是第j个并列组中的数据点数。S近似服从正态分布，因此可采用如下所示的Z变换。

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\delta} & if \;\; S > 0 \\ 0 & if \;\; S = 0 \\ \frac{S+1}{\delta} & if \;\; S < 0 \end{cases}$$

1.2.4 Hurst 指数

Hurst 指数体现了时序自相关性，尤其是对序列中隐藏长期趋势（长期记忆）的反映。其被用来描述有偏的随机游走特征（分型布朗运动），最早被水利学家 Hurst 所提出[40]。基于 Hurst 指数在植物病害发生率研究中的过往应用[41]，Hurst 指数在本研究中被进一步用于人类患病率发展模式的相关探究，估计在长期趋势下中国五岁以下儿童超重率未来的发展模式。但由于本文中五岁以下儿童超重问题可能受到文化与膳食习惯的影响并表现出短期的相关性，直接使用 Hurst 指数进行估计容易产生偏误。因此，本研究在正式进行 Hurst 指数之前基于时间序列一阶自回归方程生成了对应的残差序列，消除了线性依赖性对后续运算的干扰。

$$X_t = a + bX_{t-1} + \varepsilon_t$$

chinaXiv:202210.00114v1

其中，X_t代表第 t 年某栅格的五岁以下儿童超重流行率取值；a表示常数项；ε_t表示残差。

残差序列的 Hurst 指数具体计算过程[42]如下：

若本研究中上述残差序列可定义为$OVERWEIGHT_t$，$t = 1,2,\ldots,n$。则对于正整数τ，可定义该时间序列的均值序列为：

$$\overline{OVERWEIGHT_\tau} = \frac{1}{\tau}\sum_{t=1}^{\tau} OVERWEIGHT_t (\tau = 1,2,\ldots,n)$$

定义累计离差序列为：

$$X_{(t,\tau)} = \sum_{t=1}^{\tau}(OVERWEIGHT_t - \overline{OVERWEIGHT_\tau})$$

定义极差序列为：

$$R_\tau = maxX_{(t,\tau)} - minX_{(t,\tau)}\text{其中}\tau = 1,2,\ldots,n; 1 \le t \le \tau$$

定义标准差序列为：

$$S_\tau = \left[\frac{1}{\tau}\sum_{t=1}^{\tau}(OVERWEIGHT_t - \overline{OVERWEIGHT_\tau})^2\right]^{\frac{1}{2}} \text{其中}\tau = 1,2,\ldots,n$$

由此，定义 Hurst 指数为

$$\frac{R_\tau}{S_\tau} = (c\tau)^H$$

其中，H为 Hurst 指数，c为比例参数。H可通过最小二乘法在双对数坐标系(ln(R_τ/S_τ), lnτ)中拟合。一般来说，当H恰好为 0.5 时，认为现在不会影响将来，五岁以下儿童超重流行偏离趋势水平是随机游走；当$0 < H < 0.5$，可看作具有反持久性；反之当$0.5 < H < 1$，可看作记忆增强，具有持久性或趋势增强。

ArcGIS 10.4 被用于提取中国大陆境内五岁以下儿童超重率的栅格数据并生成一阶自回归残差序列，并且该栅格数据通过 R 4.1.0 进行进一步的趋势分析与预测。其中，泰尔森中值的计算与 MK 检验通过 R 包 trend 的 sen.slope 函数进行软件实现[43]，Hurst 指数的计算依托于 R 包 terra 和 reservoir 实施[44,45]。

2 结果分析

2.1 中国 2000 年–2019 年五岁以下儿童超重的空间格局

为了更好地观察 20 年间各地区五岁以下儿童超重率的空间格局，逐像元计算了中国五岁以下儿童多年平均超重率（空值不计入），得到图 1。综合来看，中国近 20 年五岁以下儿童超重情况在山东省、湖南省的大部分地区以及福建、广东、海南、北京、天津等局部地区较为普遍。其中，湖南省五岁以下儿童超重情况最为普遍，全省 20 年间的平均超重率达 29.42%。

chinaXiv:202210.00114v1

ChinaXiv合作期刊

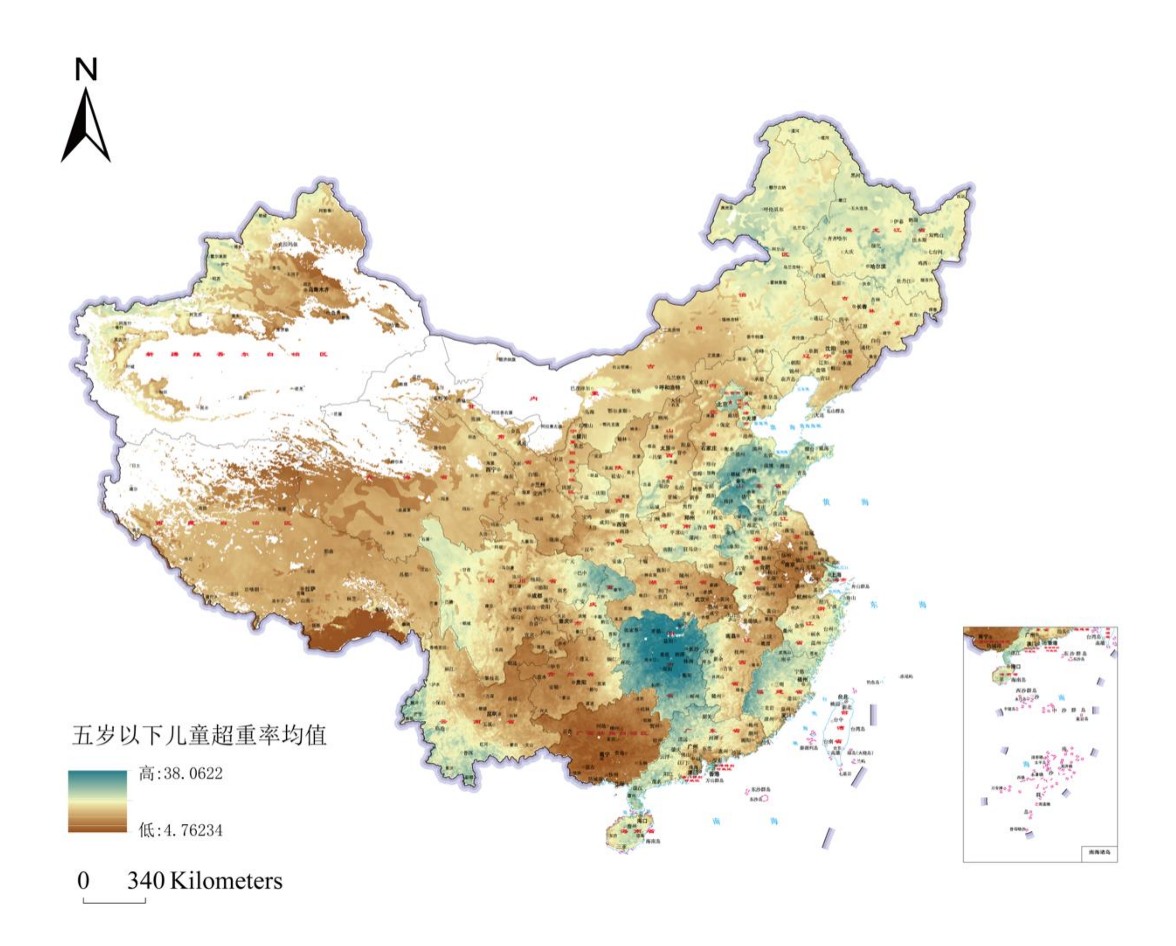


图 1　2000 年-2019 年中国五岁以下儿童超重率均值分布图

Figure 1　Figure for the distribution of mean overweight prevalence among under-five children in China, 2000-2019

注：该图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2020)4630 号的标准地图制作，底图无修改。

2.2　2000 年-2019 年中国五岁以下儿童超重的演变模式刻画

基于 Theil Sen Median 与 Mann Kendall 检验结果的耦合，将近 20 年中国五岁以下儿童死亡率的演变趋势总结为显著降低（置信度为 99%）、显著降低（置信度为 95%）、变换不显著（置信度为 95%）、显著增长（置信度为 95%）与显著增长（置信度为 99%），绘制图 2；同时基于对栅格数据的等面积投影，统计了表 1 所示的演变趋势面积（空值面积不纳入统计）。

从过去 20 年的五岁以下儿童超重率演变趋势来看，绝大多数地区（60.59%）超重率增长显著。其中，区域发展[46]相对先进的中部与东部增长趋势的占比远高于相对落后的西部地区。25.33%的地区展示出无显著变化的超重率演变趋势，但从空间分布上却以斑块状散布在各省的部分地区，如长江中游城市群等区域。这进一步说明了中国五岁以下儿童超重率的时空演变是存在异质性的，粗糙的地理边界划分可能会掩盖掉真实的变化趋势。另外，14.08%的地区呈现出显著降低的演变趋势，并且这些地区集中在位于中国西部的新疆、青海、四川、云南等的部分地区以及位于中国东部的天津、山东的局部区域。

chinaXiv:202210.00114v1

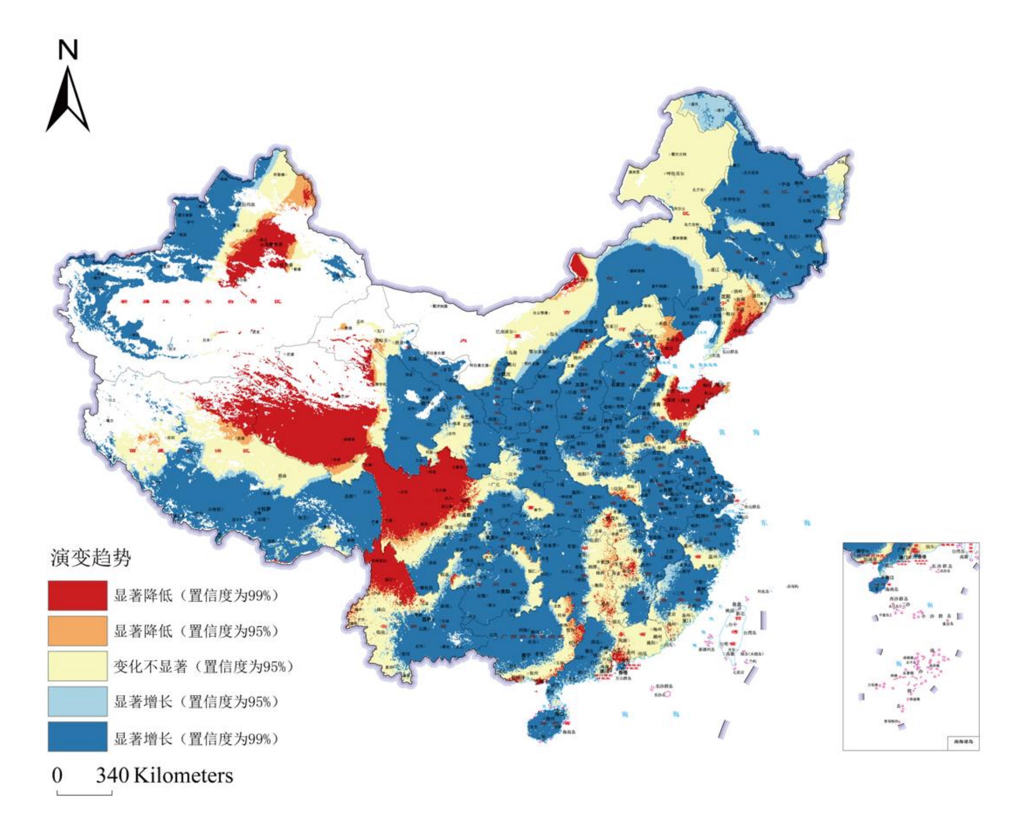


图 2　2000 年-2019 年中国五岁以下儿童超重率演变趋势图

Figure 2　Figure for the evolution trends of overweight prevalence among under-five children in China, 2000-2019

注：该图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2020)4630 号的标准地图制作，底图无修改。

表 1　2000 年-2019 年中国五岁以下儿童超重率演变趋势面积统计

Table 1　Area statistics for evolution trends of overweight prevalence among under-five children in China, 2000-2019

演变趋势	显著降低（置信度为 99%）	显著降低（置信度为 95%）	变化不显著（置信度为 95%）	显著增长（置信度为 95%）	显著增长（置信度为 99%）
面积/km^2	834758.50	207439.33	1875005.56	368358.29	4116357.65
面积比例/%	11.28	2.80	25.33	4.98	55.61

2.3　中国五岁以下儿童超重率未来流行偏离趋势预测

基于一阶自回归残差序列 Hurst 指数结果，对各像元五岁以下儿童超重未来流行偏离趋势水平进行了预测，并同前一步骤中的几何统计计算了各偏离趋势水平的地区面积与占比情况，得到图 3 与表 2。我们将未来的趋势变化区分为三类：反持久性（0<Hurst<0.5）、随机游走（Hurst=0.5）、持久性（0.5<Hurst<1）。我们发现，未来 84.87%的区域呈现出持久性或趋势增强，占据了大部分研究区域。当该地区原本五岁以下儿童超重流行高于趋势水平时，未来可能会产生更大的流行；而当原流行低于趋势水平时，未来可能会产生更小的流行。

chinaXiv:202210.00114v1

chinaXiv:202210.00114v1

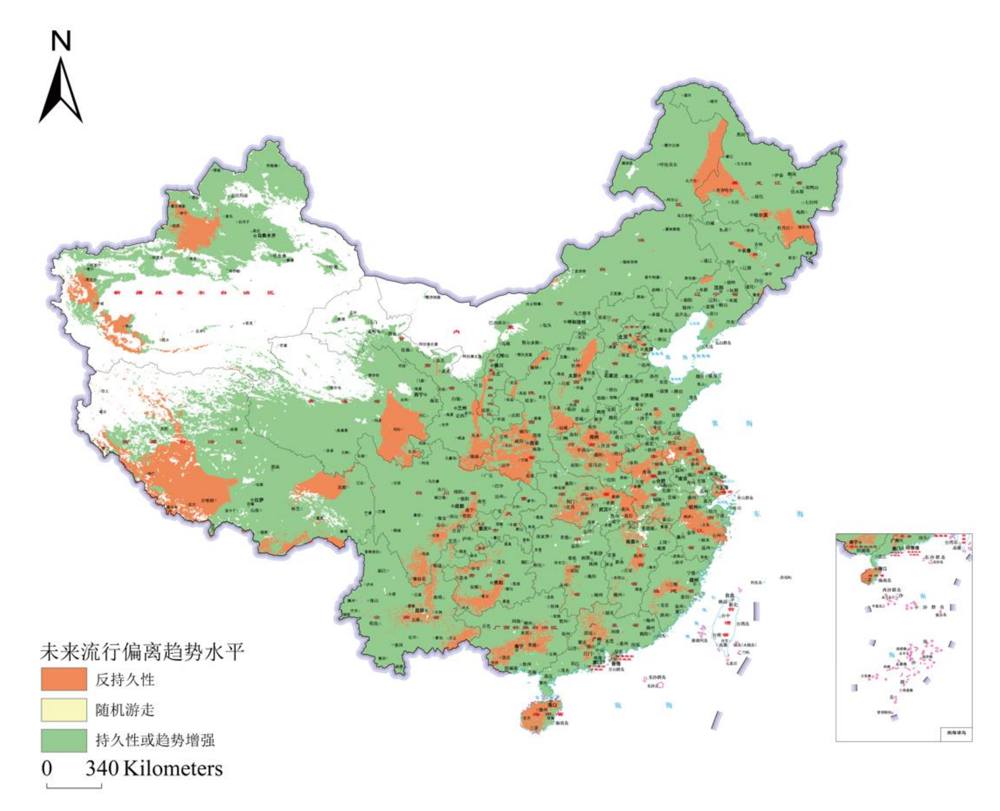


图 3　中国五岁以下儿童超重率未来流行偏离趋势水平预测图

Figure 3　Figure for the level of deviating from the original trend among under-five children in China in the future

注：该图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2020)4630 号的标准地图制作，底图无修改。

表 2　中国五岁以下儿童超重率未来流行偏离趋势水平面积统计

Table 2　Area statistics for the future level of deviating from the original trend among under-five children in China in the future

未来流行偏离趋势水平	反持久性	随机游走	持久性或趋势增强
面积/km^2	1119792.25	333.19	6281793.89
面积比例/%	15.13	0.00	84.87

3　讨论

基于中国 2000 年至 2019 年五岁以下儿童超重率高精度格网数据，本文对全国各地五岁以下儿童超重现象演变模式进行了识别，并预测了其未来流行偏离趋势的水平，锁定了中国不均衡经济发展空间格局下五岁以下儿童超重问题的重点地区，助推中国未来人口素质提升与疾病负担控制。得出的主要结论如下：

3.1　中国五岁以下儿童超重演变模式：空间分异特征显著

根据泰尔森中值及 MK 检验结果，过去二十年中国大部分地区的五岁以下儿童超重率都保持着增长的趋势，且这种现象在发展程度较高的东中部地区更为普遍。根据之前的文献证据[47]，在过去的十年中，中国饮食和生活方式变化带来的儿童超重增长幅度比任何国家都要快。其中，油炸食品、动物源性食品、零食摄入量和久坐时间的增加发挥了重要作用。

特别地，本研究还分别在中国的东部与西部地区检验到了五岁以下儿童超重率降低现象。对于一些发展程度较好的地区，尤其是天津、山东等环渤海经济带，近年来超重率的下降趋势与之前文献的描述大致相同[48]。并且值得注意的是，进一步的研究表明这种趋势可能会在下一年龄段发生扭转[26]。除此之外，在中国的西部地区，围绕着青海省，新、青、川、滇四省的局部地区五岁以下儿童超重率也展示出一定程度上的降低。先前的研究指出，

发展相对落后地区五岁以下儿童超重的本质可能是发育迟缓[48,49]，即一种假性超重。这种假性超重现象反映了社会结构与文化因素通过饮食习惯与行为模式对低龄儿童健康的影响。一些研究发现了中国农村贫困家庭中存在着不适当的膳食选择，例如对动物源性食品等高质量且高价的蛋白质食品购买减少。这一现象受到低教育水平的影响，在外祖父母、祖父母为核心的留守家庭中更为普遍[51]。另一方面，在贫困家庭中，有效体力活动不足也被视为一种低龄儿童发育迟缓潜在的风险因素[52]。除此之外，少数民族的饮食习惯与行为模式也是低龄儿童发育迟缓超重可能的风险因素，尤其是在前述四省地区少数民族聚集的情况下。但幸运的是，本文中西部新、青、川、滇四省部分地区的五岁以下儿童超重率降低，可能反映了近二十年来这一区域的儿童发育迟缓问题随着地区发展得到了缓解。

3.2 “U”型三阶段发展模式下的低龄儿童超重问题：我们将何去何从

综合来看，中国低龄儿童超重问题与地区发展呈现“U”型匹配趋势，即当地区发展水平较低时，居民经济状况与教育水平表象缺失的背后，渗透着家庭营养、育儿理念与健康素养的脆弱性内核，最终诱发低龄儿童发育迟缓导致的超重问题发生；而在地区经济发展初期，随着家庭对低龄儿童营养与膳食结构、运动能力与体育素养加大关注与投入，低龄儿童体重相对健康；而当地区持续快速发展，居民物质极大丰富、文化生态与生活方式不断裂变与超越，负向冲击也随之而来，高热量饮食、久坐等“富贵病”诱因开始成为低龄儿童主流生活模式，营养过剩导致的超重现象开始增加。中东地区[53]在过去几十年成为最后一个阶段的典型样本之一，快速的现代化与城市化带来儿童身体活动水平的下降和高热量摄入的增加，肥胖超重流行率不断上升。从 Hurst 指数的结果来看，在大多数地区，假若不实行进一步的有效干预，则未来这些地区的五岁以下儿童超重流行发展在“U”型三阶段模式下可能会维持增长趋势甚至趋势增强。对于那些地区发展水平较高的地区，这可能会造成其五岁以下儿童超重问题的巨大隐患。这些结果进一步揭示了关于既往政策对低龄儿童超重问题关注缺少协同治理视角、干预精准缺失的担忧。其中需要注意的是，随着我国 2020 年实现全面消除绝对贫困，未来中国各地区的低龄儿童超重问题会集中在相对贫困家庭，“富贵病”更容易在这类家庭发生。根据世界卫生组织与墨西哥国家医学科学院的干预方案[54-57]，“将健康纳入课程、提供营养膳食和促进体育活动的学校课程”、“规范儿童食品营销，避免宣传任何形式的不健康饮料和食品”、“促进健康食品选择并影响行业行为和产品配方的正面标签包装系统”与“促进健康食品消费的经济激励措施和阻止不健康饮料和食品消费的税收”等都被视为对此问题的可行方案。尽管我们对上述国家宏观调控的方案表示赞同，但我们认为在实行社会干预的同时，还应基于区域固有的经济生态与文化生态，进一步加强低龄儿童膳食健康、运动健康等育儿理念的渗透与植入，真正意义上实现低龄儿童超重的事前预防。

3.3 低龄儿童超重问题是多维因素耦合的复杂时空特异问题：区域特异政策制定与多级协同治理网络构建

低龄儿童超重问题是多维因素耦合衍生的社会问题。除地区发展作为低龄儿童超重问题的主要驱动因素，以社会文化因素为主的多元因素驱动力不应被忽略。中国低龄儿童超重问题存在显著的空间分异性，且并非为单一因子所驱动。基于区域发展趋势对低龄超重儿童群体的画像特征进行刻画，膳食选择去多元化、日常饮食油脂中心化、体力活动缺乏与民族习俗驱动下的综合饮食行为模式等，均是下一阶段阻断与干预的关键切口，需要政府宏观调控、社会文化引导与家庭健康素养提升合力改善。

基于上述研究发现，本文为经济持续发展背景下中国儿童超重现象的缓解与控制提出了若干政策思考并绘制图 4：

基于区域经济、文化、健康等多维固有差异，制定多阶段精准干预措施：预防青少年甚至成人超重或肥胖的关键是生命的第一年[58]，因此从低龄儿童自身或家庭的角度进行干

chinaXiv:202210.00114v1

chinaXiv:202210.00114v1

预是最为高效的。但从区域政策制定的角度出发，根据地区发展情况与低龄儿童健康状况科学判断超重问题所处阶段与类型将是首要环节。不同阶段问题导向下，低龄儿童超重问题解决的核心将有所转移。对于“发育迟缓超重下降期”，可行的解决方案应是根据当地膳食习惯锁定并补充低龄儿童缺乏的营养素，并且尤其关注贫困与低社会经济地位等脆弱群体[47]。而对于“超重现象平稳期”至“营养过剩超重上升期”，干预重心应转向城市地区中的相对贫困人群，重点关注这些家庭低龄儿童的饮食与行为模式。可进一步从投资家庭健康教育计划和锻炼设施、小额增收“垃圾食品税”与补贴“健康食品福利”等手段促进普通人群的健康饮食和生活方式[59]。这一主张是符合成本效益原则的，尤其是对于未来居民健康成本和公共财政成本双视角的共同控制。

基于协同治理视角，构建“政府政策调控-社会理念渗透-家庭健康管理”三级联动的治理网络。低龄儿童超重问题作为多维因素耦合衍生的社会问题，关乎国家发展的人力命脉，关乎社会运行的成本负担，关乎家庭成长的质量福祉，需要国家、社会与家庭协同关注。政府以广泛的政策手段在宏观层面对非健康的商业行为与文化输入给予规制与治理，通过国民健康计划等多政策与立法途径，帮助全民树立健康素养意识，尤其是尚未接受教育的低龄儿童的健康保护措施。与此同时，对于相对贫困的地区与家庭，加强以经济为主的多方位支撑与帮扶；塑造健康饮食、合理膳食、健康生活与运动的整体社会生态，通过社会引导与渗透，提高整体健康素养阻断低龄儿童超重；家庭教育在过去的很长一段时间被认为是高效的解决方案，健康意识与社会氛围的外部涌现，最终内化为以家庭为单位的健康管理单元，对低龄儿童综合饮食行为模式进行综合管理。政策促动-社会引导-家庭管理方案在时间上提前了既往儿童超重的预防关口[60]，并进一步降低了未来问题的严重性。

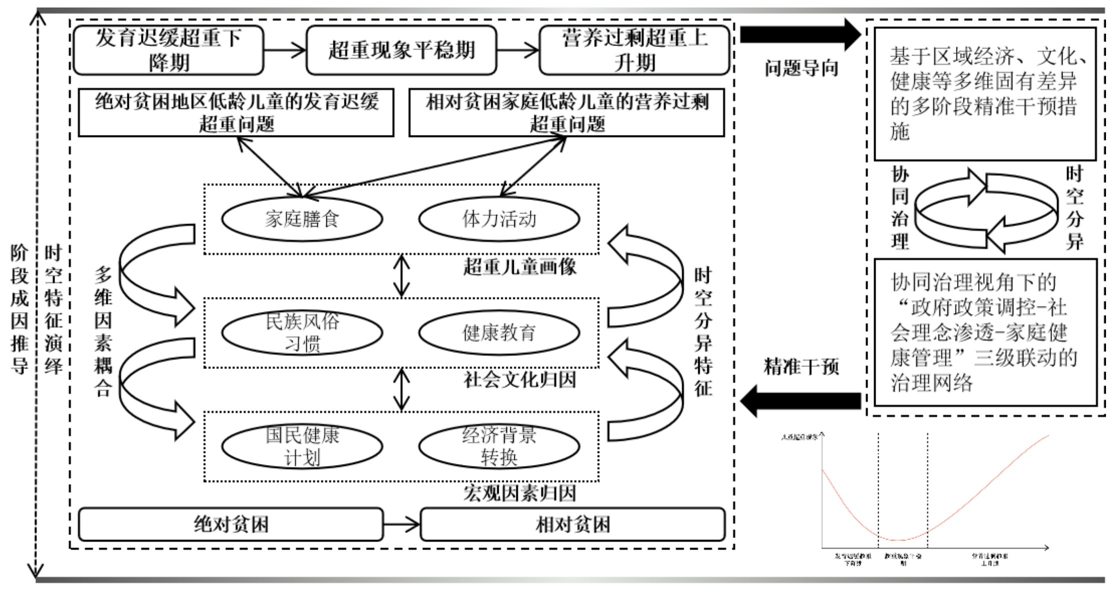


图 4　多时期-多维因素耦合的低龄儿童超重问题干预机制图

Figure 4　A intervention mechanism for the multi-period and multi-dimensional-coupled under-5 childhood overweight

3.4　局限性

本文尚存在不足。首先，饮食习惯和流行文化等因素可能会造成五岁以下儿童超重率的短期相关。尽管本研究采用生成一阶自回归残差序列等手段避免了一定的线性依赖，但由于所使用的 Hurst 指数无法排除一些内生因素对本地区五岁以下儿童超重率的影响，同时时间序列较短，可能会导致 Hurst 指数精确度有限，应该谨慎地解释结论。其次，由于超重率数据精度过高，很难完全匹配对应的经济地理数据，因此对于中国儿童超重率时空演变模式成因的探究未能纳入相关指标，主要是基于文献结论与逻辑推断进行的。最后，

ChinaXiv合作期刊

由于本研究中所使用的数据的最小单元是 5km*5km 而非独立的行政单位，且关注人群为低龄儿童，现有文献证据相对薄弱，但也侧面印证了本研究的创新性。

作者贡献 张曦宇负责了本研究的数据管理、形式分析、方法学与原稿写作；李叶负责了本研究的资金提供、提出概念以及审查和编辑写作工作；吴群红负责了本研究的审核和编辑写作；李继达和胡钰负责了本研究的验证与可视化。

利益冲突情况 本文作者声明不涉及利益冲突关系。

参考文献

[1] Organization W H. Levels and trends in child malnutrition: UNICEF/WHO/The World Bank Group joint child malnutrition estimates: key findings of the 2020 edition[A]. In: Levels and trends in child malnutrition: UNICEF/WHO/The World Bank Group joint child malnutrition estimates: key findings of the 2020 edition[M]. 2020.

[2] Wijnhoven T M A, Van Raaij J M A, Spinelli A, et al. WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative 2008: weight, height and body mass index in 6 – 9 - year - old children[J]. Pediatric obesity, 2013, 8(2): 79–97.

[3] Organization W H. Report of the commission on ending childhood obesity[M]. World Health Organization, 2016.

[4] Black R E, Victora C G, Walker S P, et al. Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries[J]. The lancet, 2013, 382(9890): 427–451.

[5] Hern ández B, Peterson K, Sobol A, et al. Overweight in 12-49 year-old women and children under 5 years of age in Mexico[J]. Salud Publica de Mexico, 1996, 38(3): 178–188.

[6] Whitaker R C, Wright J A, Pepe M S, et al. Predicting Obesity in Young Adulthood from Childhood and Parental Obesity[J]. New England Journal of Medicine, 1997, 337(13): 869–873.

[7] Benton D. Role of parents in the determination of the food preferences of children and the development of obesity[J]. International journal of obesity, 2004, 28(7): 858–869.

[8] McGuire S. Institute of Medicine (IOM) early childhood obesity prevention policies. Washington, DC: the National Academies Press; 2011[J]. Advances in Nutrition, 2012, 3(1): 56–57.

[9] Olstad D L, McCargar L. Prevention of overweight and obesity in children under the age of 6 years[J]. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 2009, 34(4): 551–570.

[10] Cole T J. Children grow and horses race: is the adiposity rebound a critical period for later obesity?[J]. BMC pediatrics, 2004, 4(1): 1–7.

[11] Ventura A K, Mennella J A. Innate and learned preferences for sweet taste during childhood[J]. Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care, 2011, 14(4): 379–384.

[12] Wardle J, Cooke L. Genetic and environmental determinants of children's food preferences[J]. British Journal of Nutrition, 2008, 99(S1): S15–S21.

[13] Harris G. Development of taste and food preferences in children[J]. Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care, LWW, 2008, 11(3): 315–319.

[14] Mennella J A, Jagnow C P, Beauchamp G K. Prenatal and postnatal flavor learning by human infants[J]. Pediatrics, 2001, 107(6): e88–e88.

[15] Moreira M de A, Cabral P C, Ferreira H da S, et al. Overweight and associated factors in children from northeasten Brazil[J]. Jornal de Pediatria, 2012, 88: 347–352.

[16] Salehiniya H, Yazdani K, Barekati H, et al. The Prevalence of overweight and obesity in

chinaXiv:202210.00114v1

children under 5 years in tehran, iran, in 2012: a population-based study[J]. Research in cardiovascular medicine, 2016, 5(1).

[17] Chakraborty P, Anderson A K. Predictors of overweight in children under 5 years of age in India[J]. Curr Res J Soc Sci, 2010, 2: 138–146.

[18] Weldearegay H G, Gebrehiwot T G, Abrha M W, et al. Overweight and obesity among children under five in Ethiopia: further analysis of 2016 national demographic health survey: a case control study[J]. BMC research notes, 2019, 12(1): 1–6.

[19] Zhang Y-Q, Li H, Wu H-H, et al. Stunting, wasting, overweight and their coexistence among children under 7 years in the context of the social rapidly developing: Findings from a population-based survey in nine cities of China in 2016[J]. PloS one, 2021, 16(1): e0245455.

[20] 陈贻珊;张一民;孔振兴, 等. 我国儿童青少年超重、肥胖流行现状调查[J]. 中华疾病控制杂志, 2017(09 vo 21): 866-869+878.

Chen Y, Zhang Y, Kong Z, et al. The prevalence of overweight and obesity in children and adolescents in China[J]. Chinese Journal of Disease Control & Prevention, 2017(09 vo 21): 866-869+878.

[21] 王烁;董彦会;王政和, 等. 1985—2014 年中国 7 ~ 18 岁学生超重与肥胖流行趋势[J]. 中华预防医学杂志, 2017(04 vo 51): 300–305.

Wang S, Dong Y, Wang Z, et al. Trends in the prevalence of overweight and obesity among 7- to 18-year-old students in China, 1985-2014[J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2017(04 vo 51): 300–305.

[22] 邓士琳;刘忆湘;张军平, 等. 中国城市学龄儿童超重肥胖流行现状及危险因素分析[J]. 中国公共卫生, 2017(09 vo 33): 1327–1331.

Deng S, Liu Y, Zhang J, et al. Prevalence and risk factors of overweight/obesity among urban school children in five cities[J]. Chinese Journal of Public Health, 2017(09 vo 33): 1327–1331.

[23] 于冬梅;琚腊红;李淑娟, 等. 2013 年中国不同省份儿童超重和肥胖现况[J]. 卫生研究, 2020(02 vo 49): 190–194.

Yu D, Ju L, Li S, et al. Provincial prevalence of overweight and obesity among 0-5 years old children in China in 2013[J]. Journal of hygiene research, 2020(02 vo 49): 190–194.

[24] 郭子予;冯哲浩;汪文新, 等. 中国学龄儿童超重肥胖流行特征及其干预对策[J]. 中国学校卫生, 2021(11 vo 42): 1747–1750.

Guo Z, Feng Z, Wang W, et al. Epidemiological characteristics and intervention strategies of overweight and obesity among Chinese school-age children[J]. Chinese Journal of School Health, 2021(11 vo 42): 1747–1750.

[25] 马淑婧;张艳青;羊柳, 等. 1991—2015 年中国 9 个省份儿童青少年超重和肥胖率的变化趋势分析[J]. 中华预防医学杂志, 2020(02): 133-134-135-136-137–138.

Ma S, Zhang Y, Yang L, et al. Analysis on the trend of overweight and obesity of children and adolescents in 9 provinces of China from 1991 to 2015[J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2020(02): 133-134-135-136-137–138.

[26] 袁金娜;金冰涵;斯淑婷, 等. 2009 至 2019 年 6 ~ 15 岁中国儿童超重和肥胖趋势分析[J]. 中华儿科杂志, 2021(11 vo 59): 935–941.

Yuan J, Jin B, Si S, et al. Analysis of overweight and obesity trends among Chinese children aged 6 to 15 years from 2009 to 2019[J]. Chinese Journal of Pediatrics, 2021(11 vo 59): 935–941.

chinaXiv:202210.00114v1

ChinaXiv合作期刊

[27] Abarca-Gómez L, Abdeen Z A, Hamid Z A, et al. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults[J]. The lancet, 2017, 390(10113): 2627–2642.
[28] Wang Y, Lobstein T I M. Worldwide trends in childhood overweight and obesity[J]. International journal of pediatric obesity, 2006, 1(1): 11–25.
[29] Cattaneo A, Monasta L, Stamatakis E, et al. Overweight and obesity in infants and pre-school children in the European Union: a review of existing data[J]. Obesity reviews, 2010, 11(5): 389–398.
[30] Loret de Mola C, Quispe R, Valle G A, et al. Nutritional transition in children under five years and women of reproductive age: a 15-years trend analysis in Peru[J]. PloS one, 2014, 9(3): e92550.
[31] Xiao Y, Qiao Y, Pan L, et al. Trends in the prevalence of overweight and obesity among Chinese preschool children from 2006 to 2014[J]. PloS one, 2015, 10(8): e0134466.
[32] Luo J, Hu F B. Time trends of obesity in pre-school children in China from 1989 to 1997[J]. International journal of obesity, Nature Publishing Group, 2002, 26(4): 553–558.
[33] Chen J, Chen W, Zeng G, et al. Secular trends in growth and nutritional outcomes of children under five years old in Xiamen, China[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2016, 13(11): 1104.
[34] Lyu Y, Ouyang F, Ye X Y, et al. Trends in overweight and obesity among rural preschool children in southeast China from 1998 to 2005[J]. Public health, 2013, 127(12): 1082–1089.
[35] 王付曼;姚屹;杨琦. 中国七个城市学龄前儿童消瘦、超重和肥胖状况的队列研究[J]. 中华疾病控制杂志, 2019(05 vo 23): 522–526.
Wang F, Yao Y, Yang Q. Cohort study on thin, overweight and obesity of preschool children among 7 cities in China[J]. Chinese Journal of Disease Control & Prevention, 2019(05 vo 23): 522–526.
[36] 王付曼;金曦;蒋竞雄, 等. 我国部分城市学龄前儿童超重、肥胖现状及影响因素分析[J]. 中国儿童保健杂志, 2017(04 vo 25): 346–349.
Wang F, Jin X, Jiang J, et al. Situation and effecting factors of preschool children among several cities in China[J]. Chinese Journal of Child Health Care, 2017(04 vo 25): 346–349.
[37] Jia P, Xue H, Zhang J, et al. Time trend and demographic and geographic disparities in childhood obesity prevalence in China—evidence from twenty years of longitudinal data[J]. International journal of environmental research and public health, 2017, 14(4): 369.
[38] Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). Global Under-5 Overweight Prevalence Geospatial Estimates 2000-2019. Seattle, United States of America: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME)[J]. 2020.
[39] Mapping local patterns of childhood overweight and wasting in low-and middle-income countries between 2000 and 2017[J]. Nature medicine, 2020, 26(5): 750–759.
[40] Hurst H E. Long-term storage capacity of reservoirs[J]. Transactions of the American society of civil engineers, 1951, 116(1): 770–799.
[41] 徐学荣;陈秀兰; 中国水稻主要病害发生率非线性特征的 R/S 分析[J]. 农业系统科学与综合研究, 2011(01 vo 27): 72-77.
Xu X, Chen X. Analyzing the Non-linearity of Chinese Rice Major Diseases Progress Curves Using R/S Method[J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture,

chinaXiv:202210.00114v1

2011(01 vo 27): 72-77.
[42] 贺振;贺俊平. 近 32 年黄河流域植被覆盖时空演化遥感监测[J]. 农业机械学报, 2017(02 vo 48): 179–185.
He Z, He J. Remote Sensing on Spatio-temporal Evolution of Vegetation Cover in the Yellow River Basin during 1982-2013[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017(02 vo 48): 179–185.
[43] Pohlert T, Pohlert M T, Kendall S. Package ‘trend’[J]. Title non-parametric trend tests and change-point detection, 2016.
[44] Hijmans R J, Bivand R, Forner K, et al. Package ‘terra’[J]. 2022.
[45] Turner S W, Galelli S. Water supply sensitivity to climate change: An R package for implementing reservoir storage analysis in global and regional impact studies[J]. Environmental Modelling & Software, 2016, 76: 13–19.
[46] 李言, 毛丰付. 中国区域经济增长与经济结构的变迁: 1978—2016[J]. 经济学家, 2019, 2(2): 55–65.
Li Y, Mao F. China's Regional Economic Growth and Economic Structure Changes: 1978-2016[J]. Economist, 2019, 2(2): 55–65.
[47] Gordon-Larsen P, Wang H, Popkin B M. Overweight dynamics in Chinese children and adults[J]. Obesity Reviews, 2014, 15: 37–48.
[48] 肖艳宇. 天津市托幼机构 3~6 岁儿童超重和肥胖流行趋势调查及相关因素分析[D]. 天津: 天津医科大学, 2016.
Xiao Y. The prevalence and related factor analysis of overweight and obesity among Chinese preschool children aged from 3 to 6 years in Tianjin[D]. Tianjin: Tianjin Medical University, 2016.
[49] Wang X, Höjer B, Guo S, et al. Stunting and ‘overweight’in the WHO Child Growth Standards–malnutrition among children in a poor area of China[J]. Public health nutrition, 2009, 12(11): 1991–1998.
[50] Zong X-N, Li H. Physical growth of children and adolescents in China over the past 35 years[J]. Bulletin of the World Health Organization, 2014, 92: 555–564.
[51] Yang Q, Yuan T, Yang L, et al. Household food insecurity, dietary diversity, stunting, and anaemia among left-behind children in poor rural areas of China[J]. International journal of environmental research and public health, 2019, 16(23): 4778.
[52] Wei Q W, Zhang J X, Scherpbier R W, et al. High prevalence of developmental delay among children under three years of age in poverty-stricken areas of China[J]. Public health, 2015, 129(12): 1610–1617.
[53] Mirmiran P, Sherafat Kazemzadeh R, Jalali Farahani S, et al. Childhood obesity in the Middle East: a review[J]. EMHJ-Eastern Mediterranean Health Journal, 16 (9), 1009-1017, 2010, 2010.
[54] Organization W H. Global strategy on diet, physical activity and health[J]. World Health Organization, 2004.
[55] Brownell K D, Kersh R, Ludwig D S, et al. Personal responsibility and obesity: a constructive approach to a controversial issue[J]. Health affairs, 2010, 29(3): 379–387.
[56] Rivera J A, Hernandez M, Aguilar C, et al. Obesity in Mexico. Recommendations for state policy[J]. Mexico City (Mexico): Academia Nacional de Medicina [National Academy of Medicine.], 2012: 145–65.

chinaXiv:202210.00114v1

ChinaXiv合作期刊

[57] Mozaffarian D, Afshin A, Benowitz N L, et al. Population approaches to improve diet, physical activity, and smoking habits: a scientific statement from the American Heart Association[J]. Circulation, 2012, 126(12): 1514–1563.
[58] Wang J L, Wang N R. National epidemiological study on obesity children aged 0–18 years in Chongqing urban area[J]. Chin J Child Health Care, 2008, 16: 55–57.
[59] Qin X, Pan J. The medical cost attributable to obesity and overweight in China: Estimation based on longitudinal surveys[J]. Health economics, 2016, 25(10): 1291–1311.
[60] JA M N, SS G V, JE C B, et al. Effectiveness of educational interventions conducted in latin america for the prevention of overweight and obesity in scholar children from 6-17 years old; a systematic review[J]. Nutricion Hospitalaria, 2014, 31(1): 102–114.

chinaXiv:202210.00114v1